



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

## “CARGUÍO Y ACARREO EN FLOTAS MINERAS”: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA”

Trabajo de investigación para optar al grado de:

**Bachiller en Ingeniería Industrial**

### **Autores:**

Bach. Luis Fredy Azañero Ruiz.

Bach. Luis Alberto Guerrero Orrillo.

### **Asesor:**

MBA. Ing. Mylena Karen Vílchez Torres

Cajamarca - Perú

2019

## DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mi madre y hermanas por su comprensión y apoyo incondicional durante este proceso de cumplir un nuevo reto profesional y así puedan estar más orgullosas de mí.

**Luis Azañero.**

Dedico esta investigación a mis hijas, por ser el gran motivo para seguir adelante, y a mi querida madre, quien me apoyó para emprender este reto en mi vida, y sentirse orgullosa.

**Luis Guerrero.**

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios, por permitirnos realizar nuestras metas profesionales.

A nuestros padres, por darnos la vida y su incondicional apoyo, en todo lo que nos hemos propuesto; y que hoy estamos viendo los frutos de un gran esfuerzo y sacrificio a puertas de hacerse realidad nuestro gran sueño, el de llegar a ser profesionales.

A la MBA. Ing. Mylena Karen Vílchez Torres, por brindarnos su tiempo, su apoyo y lo más importante sus conocimientos para el desarrollo del curso de proyecto de tesis, que hoy estamos desarrollando.

**Luis Azañero y Luis Guerrero.**

## Tabla de contenido

	<b>Pág.</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES.....</b>	<b>14</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>15</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Análisis de documentos encontrados.....	10

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Clasificación de la información por su tipo de publicación. ....	12
<b>Figura 2.</b> Clasificación de la información por su tipo de publicación. ....	12
<b>Figura 3.</b> Clasificación de la información por su origen. ....	13
<b>Figura 4.</b> Clasificación de la información por país de origen. ....	13
<b>Figura 5.</b> Clasificación de la información por tema específico. ....	14

## RESUMEN

Las grandes empresas mineras, para su actividad de carguío y acarreo cuentan con equipos sofisticados tales como palas hidráulicas y camiones mineros de los cuales su mantenimiento y reparación son altamente costosos. Los costos de carguío y acarreo implican gastos en combustible, neumáticos y repuestos, la suma de esto representa casi el 45 % del costo de las operaciones de minado, asimismo se presentan tiempos muertos por paradas de equipos que reducen de productividad. Sin embargo, con un sistema de gestión de flotas, se controló y eliminó dichas demoras con ello se optimizó las actividades de carguío y acarreo, y se redujo costos en esta área. El objetivo de esta revisión sistemática fue analizar los estudios teóricos acerca de optimización de carguío y acarreo en las flotas mineras entre los años 2013-2018, para lo cual se utilizó la base de datos Redalyc, Google Académico y el Repositorio de la UPN. Se analizó 20 documentos, considerando que el tiempo de antigüedad sea máximo 5 años y que el idioma sea español; los tipos de estudio analizados fueron artículos científicos, tesis de pregrado y tesis de maestría. Dentro de las limitaciones se consideró que las flotas son diferentes en cada unidad minera.

**PALABRAS CLAVES:** carguío, acarreo, sistema de gestión, flota minera, rendimiento.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la industria minera presenta constantes cambios tecnológicos con el objetivo de reducir costos y tiempos muertos de las actividades que implica esta industria, una de las actividades más importante de mina es el carguío y acarreo, por esta razón gran parte de las empresas subcontratan a otras empresas especialistas para realizar el carguío y acarreo a través de softwares avanzados (Córdova, 2017).

Las empresas dedicadas al rubro minero constantemente se enfocan en minimizar los tiempos y costos de las actividades de carguío y acarreo, para ello existen sistemas de control como ControlSense, Jigsaw o GPSS (Castillo, 2016).

Al implementar uno de estos sistemas en el área de carguío y acarreo se conocerá las actividades que realizan los equipos de la flota minera, tales como; el tiempo que se demora en cargar, el tiempo traslado de un punto a otro, el tiempo de demora por mantenimiento, el tiempo de demora por cargar combustible, el tiempo de demora por cambio de neumáticos, asimismo el software basado en un monitoreo GPS dan como resultado las distancias que recorren dentro de mina y la velocidad de los equipos (Soto, 2016).

Para evaluar el carguío y acarreo se determina que una de las opciones más recomendables son los softwares implementados en cada equipo a lo que se llama Dispatch, y puede ser utilizado en minería a cielo abierto como en subterráneo (Calderón, 2014).

El sistema de gestión de flotas en el ciclo de carguío y acarreo es recomendable para el análisis del rendimiento de palas y de camiones mineros, también analiza el estado de los equipos, con esto se evitaría paradas por equipo malogrado ya que constantemente el sistema lo está monitoreando, la finalidad de los sistemas de gestión de flotas es producir al grandes cantidades con un reducido costo (Calderón, 2014).



Las demoras en las actividades de carguío y acarreo representan una pérdida considerable, el objetivo de un sistema de gestión de flotas es minimizar al máximo estas demoras (Bonzi, 2016).

Un sistema de gestión de flotas se enfoca en optimizar acarreo y carguío minero, mediante softwares y hardwares se aumenta la productividad de los equipos que forman la flota minera, disminuyen los costos operacionales, se evalúa el gasto de combustible y neumáticos, se analiza el rendimiento de la maquinaria y su ciclo de vida (Gómez, 2017).

La pregunta de investigación, es ¿Qué conocimiento se tiene acerca de la optimización del carguío y acarreo en flotas mineras, durante los últimos cinco años? El objetivo de este trabajo es analizar los estudios teóricos sobre optimización de carguío y acarreo en flotas mineras entre los años 2013-2018.

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA**

Las revisiones sistemáticas reúnen todo el conocimiento de un tema específico, enfocándose en lo que se sabe de un tema concreto, mediante los resultados obtenidos en diferentes estudios (Higgins y Green, 2011). En la revisión sistemática presentada, se analizaron y sintetizaron las evidencias encontradas en investigaciones en torno a la optimización del carguío y acarreo mediante un sistema de flotas.

La pregunta de investigación con la cual nos basaremos en esta tesis es: ¿Qué conocimiento se tiene acerca de la optimización del carguío y acarreo en flotas mineras, durante los últimos cinco años?

Para realizar esta revisión sistemática se utilizaron la base de datos electrónica Redalyc, google académico y también nos basamos en el repositorio bibliográfico de la Universidad Privada del Norte.

Dentro de los términos de inclusión tenemos: carguío minero, acarreo minero, sistema de gestión, flota minera. Para la selección de documentos se consideraron sólo los estudios realizados en los últimos cinco años, tal como recomienda las normas APA Sexta Edición. Los documentos encontrados están en español para mayor entendimiento; dentro de ellos se evaluaron artículos científicos.

Se clasificó los documentos de acuerdo al tipo de investigación relacionados al tema, en este caso se incluirán todas las investigaciones cuantitativas con uso de reportes estadísticos de carguío y acarreo.

Para la evaluación de documentos se usó una tabla donde se describe el título, el apellido del autor, el año en que se realizó el estudio, el tipo de documento que se analizó; la institución donde se realizó y un breve resumen.

Se realizó la lectura de los 20 artículos enfocados en la optimización del carguío y acarreo.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

En la Tabla 1, se muestra cada estudio analizado, en ella se detalla autor, año, tipo de documento y un breve resumen, en total se analizaron 20 documentos referentes a optimización de carguío y acarreo.

**Tabla 1**  
*Análisis de documentos encontrados.*

Autor/año	Tipo de documento	Breve Resumen
(Vargas & Hermoza, 2014)	Artículo científico	Plantearon la instalación de hardware y software para monitorear satisfactoriamente los tiempos reales, para eliminar demoras.
(Argus Mine, 2017)	Artículo científico	Proporciona sistemas de monitoreo que mejoran el desempeño del operador, el plan minero, la producción y el mantenimiento.
(Escamilla, 2014)	Artículo científico	Determinó la productividad, los factores que la afectan y brindó alternativas para la mejora de los equipos.

(Castillo, 2016)	Tesis de pregrado	Aplicó el sistema Jigsaw, para obtener un óptimo rendimiento de los equipos de carguío y acarreo mediante este sistema.
(Poblete, 2013)	Tesis de pregrado	Estableció los indicadores de gestión, con un modelo de criterios en la operación, para obtener la renta económica.
(Bahamóndez, 2017)	Tesis de pregrado	Presentó propuestas para reducir la cantidad de paradas, e hizo un plan de acción basado en buenas prácticas mineras.
(Rodríguez D. , 2013)	Tesis de pregrado	Diseñó un modelo analítico para eliminar tiempos perdidos en cola y por bajo rendimiento del sistema de transporte.
(Paredes, 2013)	Tesis de pregrado	Concluyó, que la vida de los neumáticos de los camiones mineros es mayor cuando rotamos en promedio 1800 horas.
(Marca, 2014)	Tesis de pregrado	Evalúo los equipos de transporte minero compuesto por camiones Volvo FMX de 20 m <sup>3</sup> y camiones Komatsu de 40 m <sup>3</sup> .
(Marín, 2015)	Tesis de pregrado	Planteó mejoras en carguío y acareo mediante un material lastre óptimo y teniendo comunicación directa con el supervisor de Dispatch.
(Martínez, 2015)	Tesis de pregrado	Propuso herramientas específicas como organigrama, Check List e historial de mantenimiento, para hacer seguimiento a las máquinas.
(Maldonado & Sigüenza, 2013)	Tesis de pregrado	Implementaron un plan de mantenimiento para acceder a características de cada máquina como: tipo, modelo, códigos, etc.
(Bonzi, 2016)	Tesis de pregrado	Evalúo un sistema de visión integral en las palas y un sistema de monitoreo en tiempo real de desgaste.
(Calderón, 2014)	Tesis de pregrado	Propuso reducir el congestionamiento de tránsito con un sistema simulado que incrementa el ingreso económico y mejora el tiempo de operatividad.
(Soto, 2016)	Tesis de pregrado	Determinó que el estado de las vías influyen en la velocidad, en el tiempo de ciclo de carguío y en la duración de componentes del equipo.
(Rodríguez M. , 2013)	Tesis de pregrado	Propuso que al conocer los puntos débiles en el carguío y acarreo para proponer mejoras y reducir costos en mantenimiento.
(Gómez, 2017)	Tesis de pregrado	Mejoró la disponibilidad de los equipos auxiliares optimizando las operaciones de carguío y acarreo aplicando el monitoreo remoto MINE SENSE.
(Silvestre, 2015)	Tesis de pregrado	Propuso la optimización de la flota de volquetes para obtener una reducción de los costos de las operaciones mineras de carguío y acarreo, con el fin de realizar una mejora en el proceso productivo.
(Córdova, 2017)	Tesis de maestría	Propuso implementar planes de acción para incrementar las horas efectivas de los camiones mineros.
(Chau, 2013)	Tesis de maestría	Concluyó que los softwares de sistemas integrados mejoran la gestión administrativa y operativa de los equipos.

Se realizaron 20 tablas, en cada una de ellas se sintetiza los documentos encontrados, en la figura 1 se presenta la clasificación de los documentos encontrados según el tipo de publicación.



**Figura 1.** Clasificación de la información por su tipo de publicación.

**Fuente:** Elaboración propia, (2018).

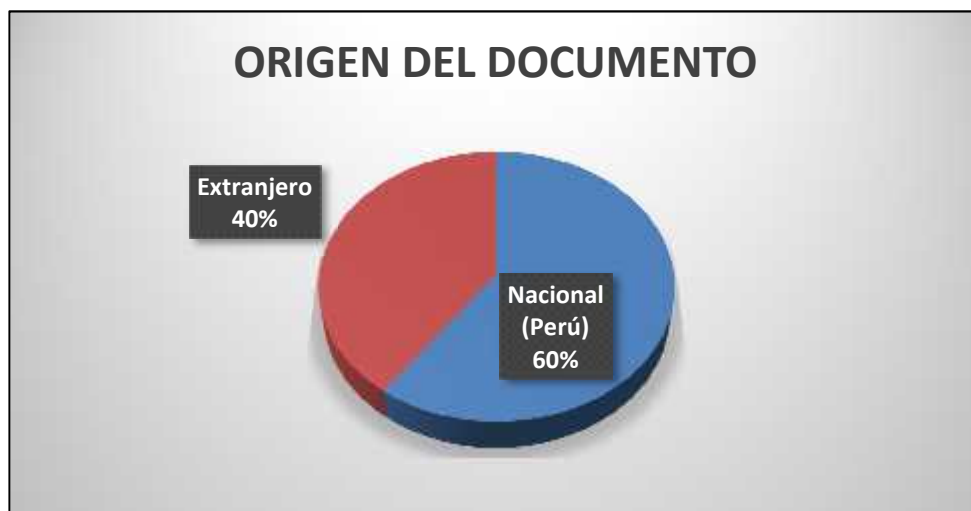
En la figura 1, se muestra la clasificación de documentos referentes a carguío y acarreo según el tipo de publicación, se puede evidenciar que la mayor parte de documentos encontrados son tesis de pregrado de las distintas universidades nacionales e internacionales.



**Figura 2.** Clasificación de la información por su tipo de publicación.

**Fuente:** Elaboración propia, (2018).

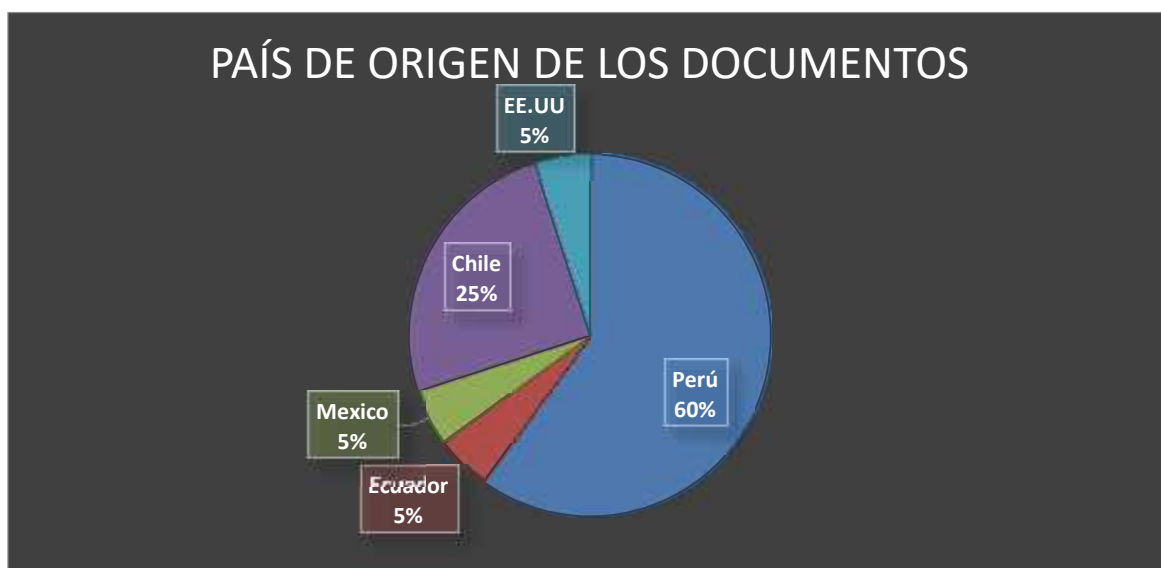
En la figura 2, se muestra la clasificación de documentos referentes a carguío y acarreo según el año de publicación, se puede evidenciar que la mayor parte de documentos han sido publicados en el año 2013, seguida de los años 2017 y 2014.



**Figura 3.** Clasificación de la información por su origen.

**Fuente:** Elaboración propia, (2018).

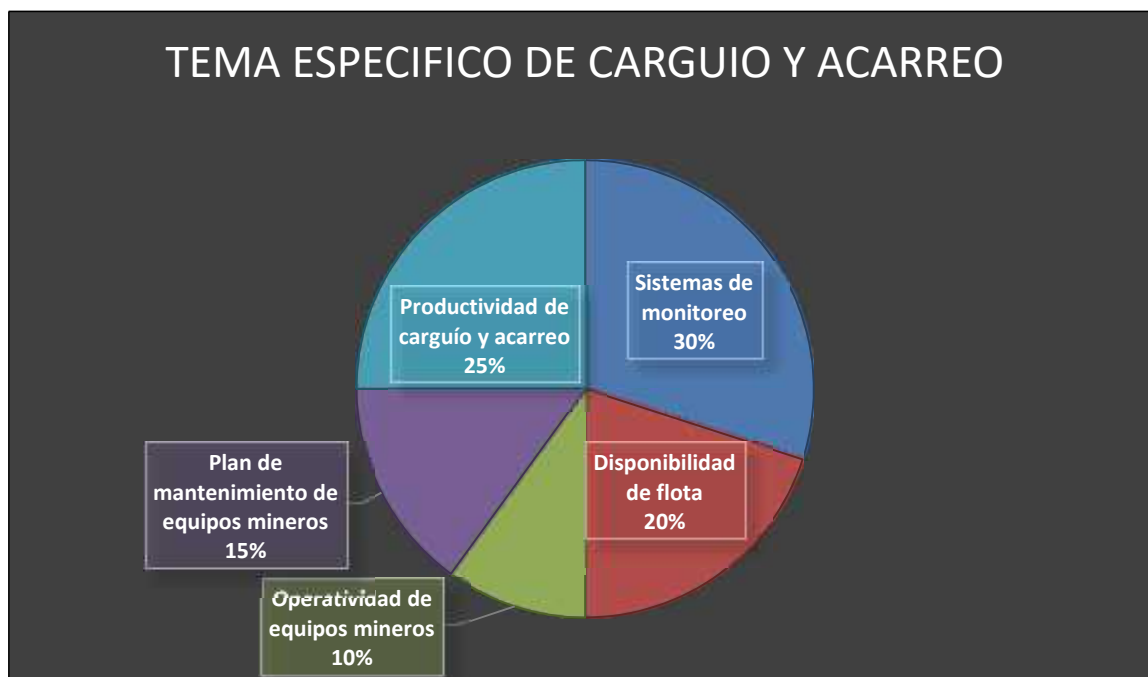
En la figura 3, se muestra la clasificación de investigaciones referentes a carguío y acarreo según el origen del documento, se puede evidenciar que la mayoría de documentos encontrados se realizaron en Perú, un 40% fueron del extranjero.



**Figura 4.** Clasificación de la información por país de origen.

**Fuente:** Elaboración propia, (2018).

En la figura 4, se muestra la clasificación de documentos referentes a carguío y acarreo según el país de origen, después de Perú, Chile es el país que más realiza investigaciones en carguío y acarreo.



**Figura 5.** Clasificación de la información por tema específico.

**Fuente:** Elaboración propia, (2018).

En la figura 5, se muestra la clasificación de documentos de acuerdo a un tema específico, la mayor parte hace referencia a los sistemas de monitoreo, seguido de productividad en carguío y acarreo, de disponibilidad de flota y de plan de mantenimiento.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El conocimiento que se tiene acerca de la optimización del carguío y acarreo es el resumen de los 20 documentos extraídos de las bases de datos Redalyc, Google Académico y de repositorio UPN. Sólo Castillo, (2016) analiza específicamente el carguío y acarreo en flotas mineras.

Vargas y Hermoza, (2014) y Paredes, (2013), se enfocan en desarrollar un sistema de Información para Monitoreo de neumáticos y optimizar costos en el área de carguío y acarreo, para las flotas mineras.

Poblete, (2013); Bahamóndez, (2017); Silvestre, (2015) y Chau (2013) analizan diferentes sistemas de monitoreo para reducir tiempos muertos y así optimizar el carguío y acarreo de flotas mineras.

Bonzi, (2016); Calderón, (2014); Castillo, (2016); Escamilla, (2014) y Gómez, (2017) se enfocan en el desarrollo de planes de mantenimiento, estrategias y propuestas de mejora para incrementar la productividad del carguío y acarreo en flotas mineras.

### **Conclusión:**

Del análisis teórico realizado se concluyó, que siendo el carguío y acarreo de flota una de las actividades mineras más costosas, fue necesario llevar un control basado en el monitoreo con softwares. Con ello se eliminaron las demoras del ciclo y se incrementó el rendimiento de los equipos implicados en esta área.

### **REFERENCIAS**

Argus Mine. (2017). Sistema de monitoreo avanzado de gestión del carguío de camiones y el cumplimiento del plan minera para palas de cable e hidráulicas. (*Artículo científico*). New York , EE.UU: MineWare. Obtenido de <https://static1.squarespace.com/static>

Bahamóndez, M. (2017). Implementación Sistema de Gestión para Reducción de Costos Optimizando el Desempeño por Componente en Equipos Mineros. (*Tesis de pregrado*). Santiago, Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/146289/Implementaci%C3%B3n>.

- Bonzi, J. (2016). Propuestas de Mejora de la Utilización Efectiva en Base a Disponibilidad de la Flota de Carguío y Transporte en Minera Los Pelambres. (*Tesis de pregrado*). Santiago, Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/139829>.
- Calderón, N. (2014). Mejora del Tiempo de Operatividad de Camiones Volquetes en Proyectos de Mantenimiento Vial, utilizando Teoría de Confiabilidad en un Sistema Simulado. (*Tesis de pregrado*). Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/4241>
- Castillo, F. (2016). Optimización de la producción en carguío y acarreo mediante la utilización del sistema Jigsaw – Leica en minera Toquepala S.R.L. (*Tesis de pregrado*). Moquegua, Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de [repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/11035](http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/11035)
- Chau, L. (2013). Gestión del Mantenimiento de Equipos en Proyectos de Movimiento de Tierras de una empresa Cajamarquina dedicada a la Minería. (*Tesis de maestría*). Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/813/1/chau\\_lj.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/813/1/chau_lj.pdf)
- Córdova, G. (2017). Mejoramiento de prácticas operacionales para el aumento de horas efectivas camiones de extracción gerencia mina, división ministro Hales Codelco Chile. (*Tesis de maestría*). Santiago, Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/145967/Mejoramiento>
- Escamilla, M. (2014). Estudio de Productividad del Equipo de Carga en una Mina de Mineral de Fierro a Cielo Abierto. (*Artículo científico*). D.F., México: Instituto Tecnológico de Colima. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es>
- Gómez, G. (2017). Disponibilidad de Equipos Auxiliares para Optimizar la Productividad en el Carguío y Acarreo de las Fases 01,03 y 07 del Tajo Constancia Empresa



- Especializada Stracon Gym S.A. (*Tesis de pregrado*). Chumbivilcas, Cusco, Perú: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Obtenido de [repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3252](http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3252)
- Maldonado, H., & Sigüenza, L. (2013). Propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria Pesada de la Empresa Minera Dynasty Mining del cantón Portovelo. (*Tesis de pregrado*). Cuenca, Ecuador: Universidad Salesiana Politécnica. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1759/12/UPS-CT002328.pdf>
- Marca, C. (2014). Análisis de la Disponibilidad y Rendimiento de los Equipos de Carguío y Transporte en la Empresa Contratista SMCGSA, Mina Colquijirca de SMBSA. (*Tesis de pregrado*). Tacna, Perú: Universidad Nacional Jorge Basadre. Obtenido de <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/567>
- Marín, C. (2015). Incremento de la Productividad en el Carguío y Acarreo en Frentes que Presentan Altos Contenidos de Arcillas al Utilizar un Diseño de Lastre Adecuado, Minera Yanacocha, Perú, 2015. (*Tesis de pregrado*). Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle>
- Martínez, A. (2015). Proponer una gestión de mantenimiento para todos los equipos de línea amarilla de una empresa que brinda servicio en alquiler de maquinaria a Minera Yanacocha. (*Tesis de pregrado*). Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de <http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream>
- Paredes, C. (2013). Eficiencia en Tiempo de Vida de Neumáticos con Relación a Rotación de Posiciones uno y dos en Volquetes Komatsu 930 E-3. (*Tesis de pregrado*). Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/859>
- Poblete, C. (2013). Costo de oportunidad en la utilización de los sistemas de despacho en minería a cielo abierto. (*Tesis de pregrado*). Santiago, Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103796/cf-poblete>

- Rodríguez, D. (2013). Modelo Analítico para el Dimensionamiento de Flota de Transporte en Minería a Cielo Abierto: Análisis de Prioridades de Atención Según Rendimiento. (*Tesis de pregrado*). Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile. Obtenido de <https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/1788/608607.pdf>
- Rodríguez, M. (2013). Propuesta de Mejora de la Gestión de Mantenimiento Basado en la Mantenibilidad de Equipos de Acarreo de una Empresa Minera de Cajamarca. *Tesis de pregrado*. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de [repositorio.upn.edu.pe/.../Rodriguez%20del%20Aguila%2CMiguel%20Angel.pdf](https://repositorio.upn.edu.pe/.../Rodriguez%20del%20Aguila%2CMiguel%20Angel.pdf)
- Silvestre, R. (2015). Optimización de Flota de Camiones Aplicando Programación Dinámica - Mina Corihuarmi. *Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/2175/1/huaman\\_sr.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/2175/1/huaman_sr.pdf)
- Soto, C. (2016). Diseño, Validación e Implementación de una Aplicación de Acarreo en Minería Superficial. *Tesis para Optar el Grado de Ingeniero de Minas*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de [tesis.pucp.edu.pe/.../SOTO\\_VILCA\\_TARAZONA\\_NÉSTOR\\_DISEÑO](https://tesis.pucp.edu.pe/.../SOTO_VILCA_TARAZONA_NÉSTOR_DISEÑO)
- Vargas, E., & Hermoza, A. (2014). Sistema de Información para Monitoreo de neumáticos del área de despacho (Dispatch), en una Compañía Minera. (*Artículo científico*). Lima, Perú: Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Obtenido de <http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/694/COMTEL>.